ГУАП

Кафедра № 3.

Отчёт
Защищен с оценкой хор
Преподаватель

доцент, к.ф-м.н.	16.03.2018	Ю.Н. Царёв
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

Отчёт о лабораторной работе № 2

„Машина Атвуда"

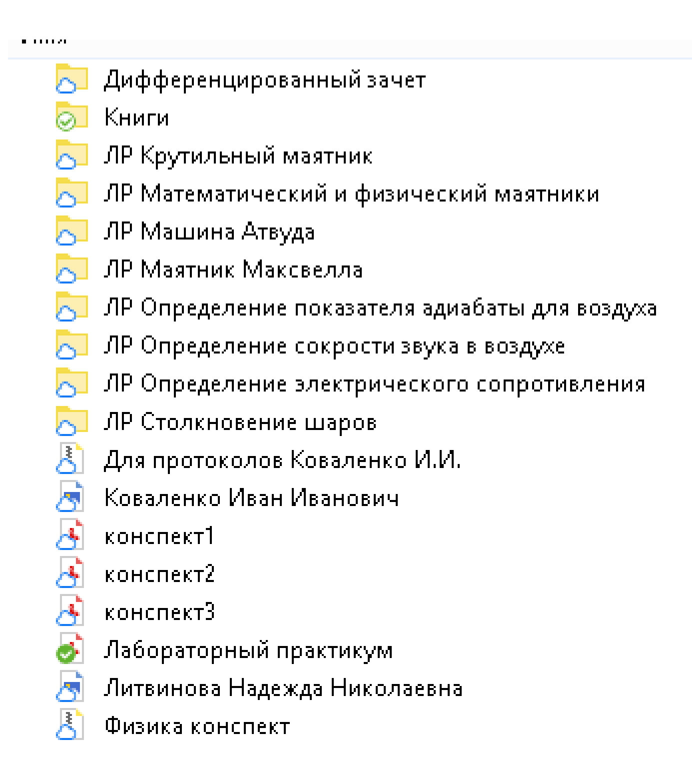
по курсу: общая физика.

Работу выполнил

студент гр. № 3743 16.03.2018

подпись, дата

Санкт-Петербург 2017


Дифференцированный зачет
Книги
ЛР Крутильный маятник
ЛР Математический и физический маятники
ЛР Машина Атвуда
ЛР Маятник Максвелла
ЛР Определение показателя адиабаты для воздуха
ЛР Определение сокрости звука в воздухе
ЛР Определение электрического сопротивления
ЛР Столкновение шаров
Для протоколов Коваленко И.И.
Коваленко Иван Иванович
конспект1
конспект2
конспект3
Лабораторный практикум
Литвинова Надежда Николаевна
Физика конспект


ARCHIVE
INTERNET

Лабораторная работа №2

„Машина Атвуда"

Протокол измерений

Подготовил студент гр. 3743

Преподаватель Ю.Н. Царёв

Параметры приборов.

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Линейка		50см	1мм	–	2мм
Секундомер		99,999с	0,001с	-	0,001

Масса груза: M = 60,4г. m = 8г.

Результаты измерений.

S_1, м	0,150				
S_2, м	0,070	0,080	0,090	0,100	0,110
t_2, с	0,177	0,202	0,221	0,253	0,275

S_2, м	0,100				
S_1, м	0,150	0,140	0,130	0,120	0,110
t_1, с	0,253	0,263	0,274	0,292	0,302

Дата: 02.03.18.

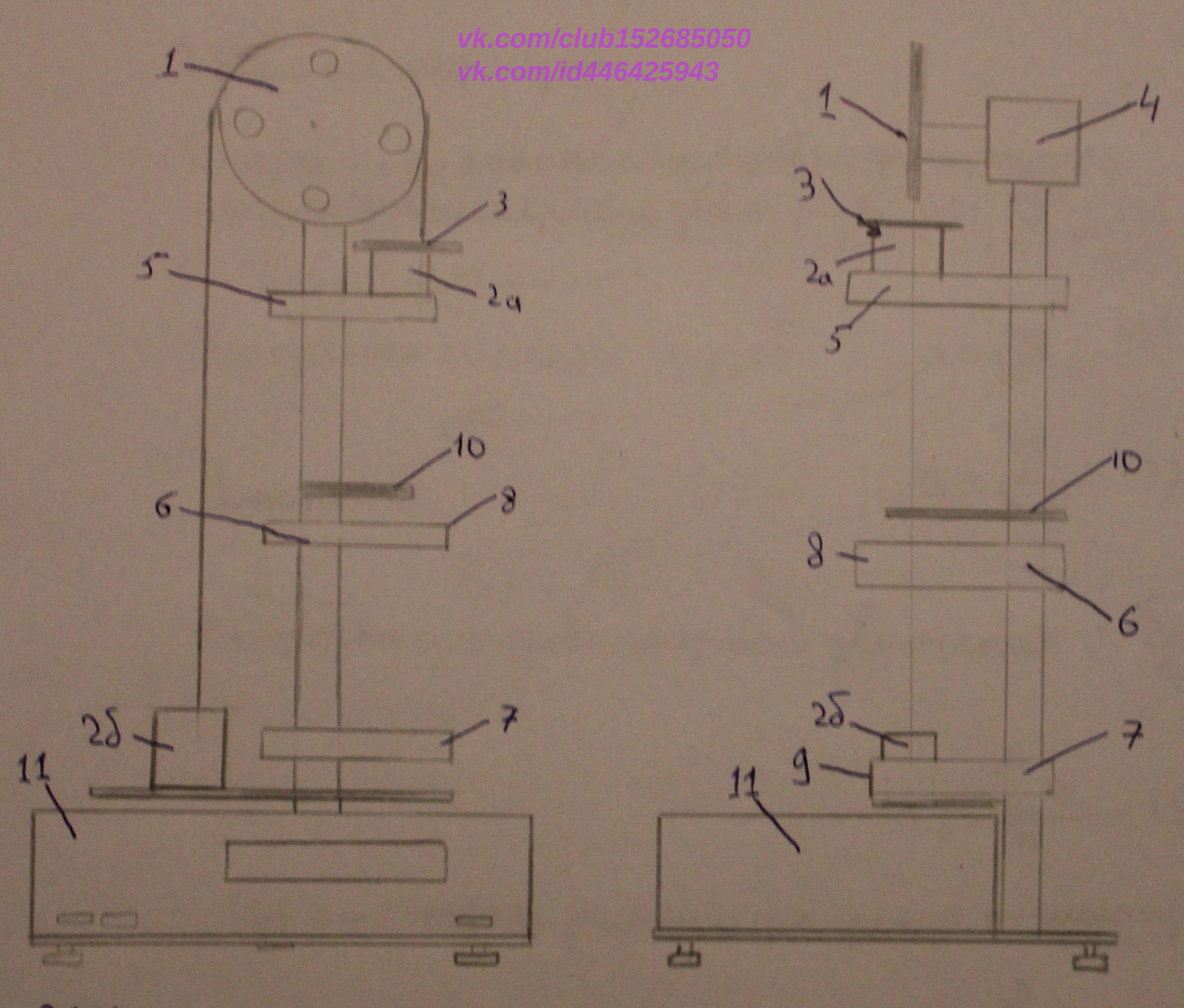
Подпись студента

Подпись преподавателя

1. Цель работы:

- Исследование равномерного и равноускоренного движения.

2. Описание лабораторной установки



где:

1 – блок, закреплённый на вертикальной стойке
2а и 2б – большие грузы
3 – кольцо, прикрепленное к грузу 2а
4 – электромагнит
5 – верхний кронштейн
6 – средний кронштейн
7 – нижний кронштейн
8 – верхний фотодатчик
9 – нижний фотодатчик
10 – полка, снимающая доп. грузы
11 – лицевая панель.

Параметры установки

Масса грузиков, M, г	Масса кольца, m, г	Систематическая погрешность S, θ_S, мм	Систематическая погрешность t, θ_t, с
60,4	8,0	2	0,001

3. Рабочие формулы

Скорость для окончания равноускоренного, начала равномерного движения: $v=\sqrt{\frac{mgS_1}{2M+m}}$ (1)

Ускорение системы грузов: $a=\frac{mg}{2M+m}$ (2)

Ускорение: $a=\frac{S_2^2}{2S_1 t_2^2}$ (3)

S_1 – S_2 – t_2

Скорость для равномерного движения: $v=\frac{S_2}{t_2}$ (4)

$$a_{ср}=\frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n}, \quad (5)$$

где $a_{ср}$ – среднее значение ускорения, n – число измерений

$$v_{ср}=\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n} \quad (6)$$

где $v_{ср}$ – среднее значение скорости, n – число измерений;

M – масса груза, m – масса кольца, v – ~~ст~~ скорость груза, g – ускорение свободного падения.

4. Результаты измерений и вычислений.

Таблица 1.

S_1, м	0,150				
S_2, м	0,070	0,080	0,090	0,100	0,110
t_2, с	0,177	0,202	0,221	0,253	0,275
v, м/с	0,395	0,396	0,452	0,395	0,411
θ_v, м/с	0,011	0,012	0,019	0,011	0,015

S_2, м	0,100				
S_1, м	0,150	0,140	0,130	0,120	0,110
t_2, с	0,253	0,263	0,274	0,292	0,302
a, м/с²	0,526	0,526	0,526	0,501	0,503
θ_a, м/с²	0,031	0,029	0,031	0,032	0,035

5. Примеры вычислений:

По ф-ле (1) $v = \sqrt{\frac{0{,}008 \cdot 9.8 \cdot 0{,}150}{2 \cdot 0{,}0604 + 0{,}008}} = \sqrt{\frac{0{,}0118}{0{,}1288}} = 0{,}302$ (м/с)

По ф-ле (2) $a = \frac{0{,}008 \cdot 9.8}{2 \cdot 0{,}0604 + 0.008} = \frac{0{,}0784}{0{,}1288} = 0{,}608$ (м/с²)

По ф-ле (3) $\delta a = \frac{0{,}1^2}{2 \cdot 0{,}150 \cdot 0{,}253^2} = \frac{0{,}01}{0{,}022} = 0{,}526$ (м/с²)

По ф-ле (4) $v = \frac{0{,}1}{0{,}221} = 0{,}452$ (м/с)

По ф-ле (5) $a_{ср} = \frac{0,455+0,526+0,526+0,501+0,503}{5} = 0,502$ (м/с²)

По ф-ле (6) $v_{ср} = \frac{0,395+0,396+0,452+0,395+0,411}{5} = 0,409$ (м/с)

6. Вычисление погрешностей.

6.1. Систематические погрешности.

6.1.1 $\theta_s = 2$ (мм)

6.1.2 $\theta_t = 0.001$ (с)

6.1.3. Формула для систематической погрешности измерения ускорения:

$$\theta_a = a\left(\frac{\theta_s}{S_1} + \frac{2\theta_s}{S_2} + \frac{2\theta_{t_2}}{t_2}\right)$$

Вычисления по ф-ле:

$$\theta_a = 0,455\cdot\left(\frac{0.002}{0,150} + \frac{2\cdot 0.002}{0,100} + \frac{2\cdot 0.001}{0,275}\right) = 0,062 \text{ (м/с}^2)$$

6.1.4. Формула для систематической погрешности измерения с-ти равномерного движения.

$$\theta_v = v\left(\frac{\theta_s}{S_2} + \frac{\theta_{t_2}}{t_2}\right)$$

Вычисления по ф-ле:

$$\theta_v = 0,452\left(\frac{0,002}{0,100} + \frac{0,001}{0,275}\right) = 0,011 \text{ (м/с)}$$

7. Выводы.

- Ознакомился с машиной Атвуда
- Исследовал равномерное и равноускоренное прямол. движение
- ~~a~~ a = ~~0,602~~ (м/с²), $a = (0,602 \pm 0,062)$ (м/с²) ?
- v = 0,~~452~~ (м/с), $v = (0,452 \pm 0,011)$ (м/с).

Лабораторная работа № 2

МАШИНА АТВУДА

Цель работы: исследование равномерного и равноускоренного прямолинейного движения.

Теоретические сведения

Положение материальной точки в произвольный момент времени t однозначно задается при помощи радиуса-вектора $\vec{r}$, соединяющего начало координат с движущейся точкой. Скорость $\vec{\upsilon}$ точки в момент времени t равна производной по времени от радиус-вектора:

$$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \qquad (2.1)$$

Ускорение материальной точки $\vec{a}$ определяется как производная по времени от скорости:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}. \qquad (2.2)$$

Если известен закон, по которому изменяется ускорение $\vec{a}(t)$, и задана скорость материальной точки в начальный момент времени, то можно найти скорость материальной точки в любой момент времени t:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0 + \int_0^t \vec{a}(t)dt. \qquad (2.3)$$

Перемещение $\Delta\vec{r}$ материальной точки к моменту времени t можно найти, если известен закон, по которому изменяется скорость $\vec{\upsilon}(t)$:

$$\Delta\vec{r} = \int_0^t \vec{\upsilon}(t)dt. \qquad (2.4)$$

Из написанных формул можно получить формулы для скоростей и перемещений в ряде конкретных случаев. Остановимся на одном из них, на случае прямолинейного равноускоренного дви-

жения с нулевой начальной скоростью вдоль вертикальной оси. В этом случае формулы (2.3) и (2.4) могут быть переписаны в виде:

$$\upsilon = at, \tag{2.5}$$

$$S = 0{,}5at^2. \tag{2.6}$$

Скорость, которую приобретет тело, прошедшее путь S с ускорением a и нулевой начальной скоростью, можно найти по формуле:

$$\upsilon = \sqrt{2aS}. \tag{2.7}$$

Рассмотрим систему из двух одинаковых грузов массой M каждый (рис. 2.1). Грузы соединены нерастяжимой, невесомой нитью, перекинутой через блок. Массой блока и трением при его вращении пренебрежем. К одному из грузов добавим малую массу m. Система грузов начнет движение с ускорением. Если же в некоторый момент времени t_1 дополнительный груз m отделится от системы, то движение грузов станет равномерным со скоростью

$$\upsilon = \sqrt{2aS_1}, \tag{2.7a}$$

где S_1 – путь пройденный телами за время t_1 равноускоренного движения.

За время t_2 равномерного движения грузы переместятся на расстояние

$$S_2 = \upsilon t_2 = \sqrt{2aS_1} \cdot t_2.$$

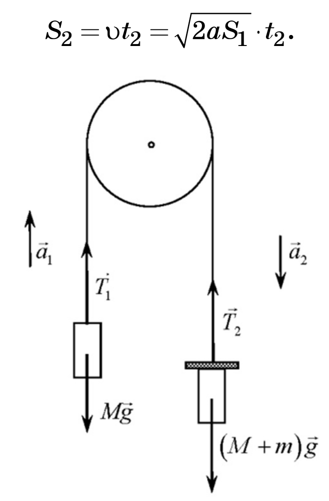


Рис. 2.1. Система грузов на блоке

Ускорение грузов выражается через пути равноускоренного S_1 и равномерного S_2 движения и через время равномерного движения t_2

$$a = \frac{S_2^2}{2S_1 t_2^2}. \tag{2.8}$$

Найдем ту же величину из решения динамической задачи. Запишем второй закон Ньютона для системы двух тел массами M и $M+m$.

$$\begin{cases} M\vec{a}_1 = \vec{T}_1 + M\vec{g}, \\ (M+m)\vec{a}_2 = \vec{T}_2 + (M+m)\vec{g}. \end{cases} \tag{2.9}$$

Спроектируем все векторы в этих уравнениях на вертикальное направление. Учитывая, что $T_1 = T_2 = T$ и $a_1 = a_2 = a$,

$$\begin{cases} Ma = T - Mg, \\ -(M+m)a = T - (M+m)g. \end{cases}$$

Вычитаем из первого уравнения второе и получаем:

$$(M + M + m)a = (-M + M + m)g; \quad (2M + m)a = mg.$$

Таким образом, ускорение системы грузов будет равно:

$$a = \frac{mg}{2M+m}. \tag{2.10}$$

Подставляя это выражение в (2.7а) получим скорость, с которой заканчивается равноускоренное движение и начинается равномерное:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{mgS_1}{2M+m}}. \tag{2.11}$$

Лабораторная установка

Внешний вид лабораторной установки приведен на рис. 2.2. На вертикальной стойке закреплен блок 1, через который проходит нить с большими грузами 2*а* и 2*б*. На правый груз 2*а* сверху может помещаться дополнительный небольшой грузик кольцо 3. Электромагнит 4 фиксирует начальное положение грузов при помощи

фрикционной муфты. На вертикальной стойке находятся три подвижных кронштейна 5, 6 и 7. Верхний кронштейн 5 имеет риску, по которой устанавливается низ большого груза. Для измерения расстояний на стойке нанесена миллиметровая шкала. Средний 6 и нижний 7 кронштейны снабжены фотоэлектрическими датчиками 8 и 9. Когда нижний край груза 2*а* пересекает оптическую ось верхнего фотодатчика 8, включается секундомер. Выключается он в тот момент, когда нижний край того же груза пересекает оптическую ось фотодатчика 9. Дополнительная полочка 10 на среднем кронштейне 6 снимает дополнительный грузик 3 с груза 2*а* в тот момент, когда последний пересекает оптическую ось датчика 8.

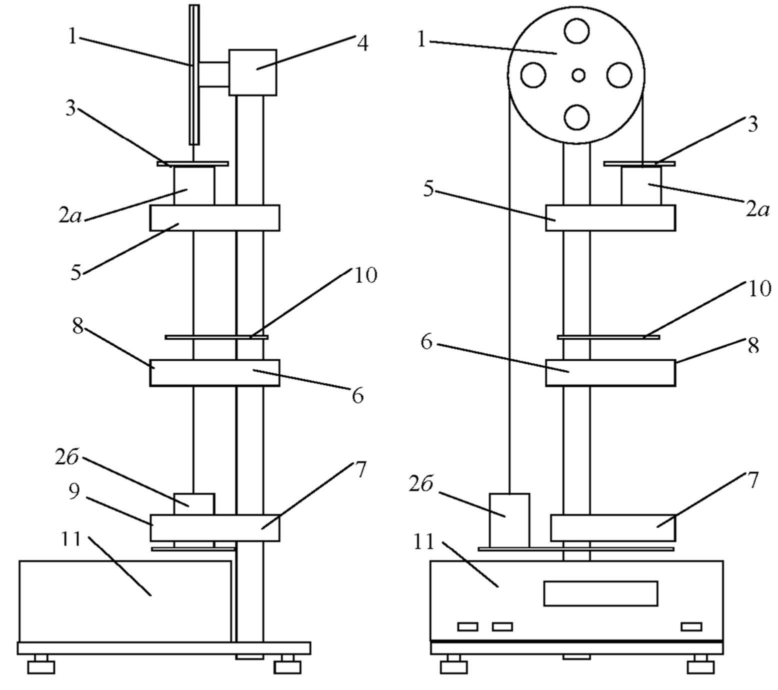


Рис. 2.2. Внешний вид лабораторной установки

На лицевой панели установки 11 имеются клавиши “Сеть”, “Пуск” и “Сброс”. Для проведения измерений нужно включить установку кнопкой “Сеть”, установить необходимые длины S_1

и S_2, зафиксировать начальное положение грузов 2*а*, 2*б* и установить груз 3. С нажатием кнопки “Пуск” грузы приходят в движение, поочередно срабатывают фотодатчики 8 и 9, на табло высвечивается время t_2. Нажатие кнопки “Сброс” обнуляет показания секундомера и приводит установку в режим готовности к следующему измерению.

Задания и порядок их выполнения

Перед выполнением лабораторной работы нужно ознакомиться с назначением кнопок, получить от преподавателя набор грузов и установить заданные пути равномерного и равноускоренного движений.

До начала измерений нужно установить стойку строго вертикально, чтобы грузы при своем движении не задевали средний и нижний кронштейны. Нужно убедиться, что в крайнем верхнем положении левого груза правый груз пересекает оптическую ось нижнего датчика.

Нужно проверить, одинаковые ли массы у грузов, полученных от преподавателя. Для этого грузы нужно повесить на блок, нажать кнопку «Сброс» и проверить, будут ли они в равновесии.

Необходимо обратить особое внимание на то, чтобы нижний край правого груза в верхнем положении находился точно на уровне риски, нанесенной на верхнем кронштейне.

Систематические погрешности обоих путей считать $\theta_S = 2$ мм, систематическую погрешность измеренного времени принять $\theta_t = 0{,}001$ с.

Задание 1. Стандартный опыт.

Установить необходимые длины S_1 и S_2. Правый груз зафиксировать на уровне риски, нанесенной на верхнем кронштейне. Нажать кнопку “Пуск” и после остановки груза перенести в протокол измерений время равномерного движения – t_2.

Задание 2. Изучение равномерного движения.

Необходимо убедиться, что вторую часть своего пути правый груз проходит с постоянной скоростью. Для этого нужно изучить зависимость пути S_2 от времени t_2. Если скорость груза постоянна, то эта зависимость на графике будет представлять собой прямую, проходящую через начало координат.

Нужно сделать не менее пяти измерений времени t_2 при неизменном расстоянии S_1 и различных S_2. В этом опыте следует *перемещать лишь нижний кронштейн* 7, оставляя два других неподвижными. В отчете нужно привести график зависимости $S_2(t_2)$ (см. рис. 2.3) дать заключение о том, является движение груза равномерным или нет, и найти скорость груза.

Задание 3. Изучение равноускоренного движения.

Необходимо убедиться, что первую часть своего пути грузы проходят с постоянным ускорением. Для этого нужно построить зависимость $(t_2)^{-2}$ от S_1 при неизменном пути S_2. Как следует из (2.8),

$$(t_2)^{-2} = 2a(S_2)^{-2} S_1. \quad (2.12)$$

Следовательно, изучаемая зависимость должна быть линейной и проходить через начало координат.

Нужно сделать не менее пяти измерений времени t_2 при неизменном расстоянии S_2 и различных S_1. При этих измерениях должен перемещаться верхний кронштейн5 , а средний 6 и нижний 7 кронштейны должны оставаться неподвижными. В отчете нужно привести график зависимости $(t_2)^{-2}$ от S_1 (см. рис. 2.4) и дать заключение о том, является движение груза равноускоренным или нет.

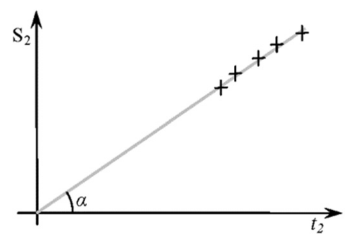


Рис. 2.3. Изучение равномерного движения

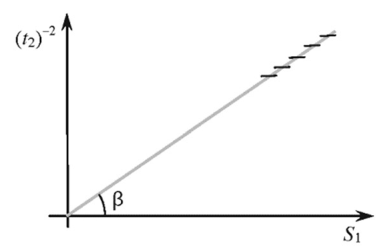


Рис. 2.4. Изучение равноускоренного движения

К следующим заданиям можно приступать лишь в случае, если установлено, что движение на участке S_1 является равноускоренным, а на участке S_2 – равномерным.

Задание 4. Определение ускорения грузов.

Ускорение можно найти двумя методами: статистической обработкой или графически. Следует воспользоваться тем методом, который укажет преподаватель.

При статистической обработке ускорения грузов рассчитать по формуле (2.8) для всех данных, полученных в заданиях 2 и 3.

При графической обработке зависимости $(t_2)^{-2}$ от S_1 сначала находится тангенс угла наклона прямой, а затем ускорение грузов:

$$a = 0{,}5S_2^2 \mathrm{tg}\beta. \tag{2.13}$$

При любом методе обработки нужно найти среднее значение ускорения, его случайную, систематическую и полную погрешности (см. пример 7 во вводной части настоящего пособия).

По формуле (2.10) нужно теоретически рассчитать ускорение, сравнить полученное значение с экспериментальным и дать аргументированное заключение о совпадении или несовпадении экспериментального и расчетного значений. В случае необходимости выдвинуть предположения о причинах наблюдающихся расхождений.

Задание 5. Определение скорости грузов.

Скорость грузов можно найти двумя методами: статистической обработкой или графически. Следует воспользоваться тем методом, который укажет преподаватель.

При статистической обработке для всех данных, полученных в задании 2, найти скорость равномерного движения грузов на участке пути S_2 по формуле

$$\upsilon = S_2/t_2. \tag{2.14}$$

Графически среднюю скорость можно найти по тангенсу угла α наклона прямой $S_2(t_2)$

$$\upsilon = \mathrm{tg}\alpha. \tag{2.15}$$

При любом способе обработки необходимо найти среднее значение скорости, ее случайную, систематическую и полную погрешности.

По формуле (2.11) нужно теоретически рассчитать скорость, сравнить полученное значение с экспериментальным и дать аргументированное заключение о совпадении или несовпадении экспериментального и расчетного значений. В случае необходимости выдвинуть предположения о причинах наблюдающихся расхождений.

Все определяемые в настоящей работе величины являются неслучайными по своей природе. Случайные ошибки, возникающие при их измерениях, связаны с влиянием измерительных приборов на процесс измерения.

Контрольные вопросы

1. Что называется материальной точкой и что – абсолютно твердым телом?
2. Какое движение абсолютно твердого тела называется поступательным?
3. Как описывается движение материальной точки?
4. Чем отличается перемещение от пути?
5. Что называется средней и мгновенной скоростью?
6. Какое движение материальной точки называется равномерным и какое – равноускоренным?
7. Как изменится формула (2.10), если при ее выводе не пренебрегать силами трения оси блока?
8. Как изменится формула (2.10), если при ее выводе не пренебрегать моментом инерции блока?
9. Каким образом можно экспериментально убедиться в том, что движение грузов на втором участке пути равномерное?
10. Каким образом можно экспериментально убедиться в том, что движение грузов на первом участке пути равноускоренное?